

April 6/1993

18

1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Klopferkennung nach der Gattung des Hauptanspruchs. Es ist bereits ein Verfahren dieser Art aus der DE-PS 31 37 016 bekannt. Bei diesem Verfahren zur Klopferkennung einer Brennkraftmaschine wird mindestens ein Klopfsensor verwendet. Dieser Klopfsensor erfaßt für jeden Zylinder über einen bestimmten Kurbelwellenwinkel den Geräuschpegel. Das so erfaßte Klopfsensorsignal wird über diesen Kurbelwellenbereich integriert. Für die Zuordnung der erfaßten Motorgeräusche zu den einzelnen Zylindern wird eine Zylinderidentifikation durchgeführt. Die erfaßten Klopfsensorsignale werden in einem Zeitfenster aufintegriert und der Integralwert zur Klopferkennung mit einer Klopfschwelle verglichen. Dabei wird die Klopfschwelle zur Erkennung von Klopfen nicht fest vorgegeben sondern mit jeder Verbrennung zyklisch erneuert. Die Festlegung der Klopfschwelle erfolgt, indem die vorherige Klopfschwelle mit dem aktuellen Klopfsensorsignal beaufschlagt wird, so daß die Klopfschwelle der Geräuschentwicklung des Motors beispielsweise bei Alterung angepaßt wird. Klopfen wird erkannt, wenn das Integral über das Zeitfenster, in welchem die Sensorsignale ausgewertet werden, die Klopfschwelle überschreitet.

Nach einer Klopferkennung wird der über ein Drehzahl-Last-Kennfeld bestimmte Grundzündwinkel um einen bestimmten Betrag, welcher vom Steuergerät in Abhängigkeit des erfaßten Klopfens und aufgrund der Betriebsparameter bestimmt wird, verändert. Die Veränderung der Hintergrundgeräusche und damit die Klopfschwelle beispielsweise durch Alterung über die Motorelebensdauer kann dazu führen, daß irgendwann der Integratorwert die ständig neu berechnete Klopfschwelle auch bei starkem Klopfen nicht mehr erreicht. Wird nun das Geräusch des Motors oder eines Zylinders beispielsweise durch mechanische Schäden oder Alterung immer lauter, so kann unter Umständen selbst starkes Klopfen nicht erkannt werden.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen der unabhängigen Ansprüche hat demgegenüber den Vorteil, daß eine Klopferkennung auch bei Lauterwerden des Motors und damit einem Ansteigen der Klopfschwelle gewährleistet ist.

Dabei ermöglicht die Multiplikation mit einem Wichtungsfaktor gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des ersten unabhängigen Anspruchs eine Absenkung der Klopfschwelle. Die Multiplikation mit einem Wichtungsfaktor  $WF < 1$  bietet den Vorteil, daß bei einem Motorgeräusch, das außerhalb eines vorgebbaren Normalbereichs NB liegt die ständig nachgeführte Klopfschwelle nicht zu groß wird und so auch bei sehr lautem Motor noch Klopfen erkannt werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des zweiten unabhängigen Anspruchs hat den Vorteil der Begrenzung der Klopfschwelle für die Klopferkennung, so daß auch bei lauterwerdenden Motorgeräuschen zumindest stärkere Klopfen immer noch erkannt werden können. Steigt das Motorgeräusch noch weiter an und überschreitet dann eine noch höher liegende zweite Grenzschwelle, so wird die

2

Klopfregelung ganz abgeschaltet und ein Sicherheitsspätverstellzündwinkel ausgegeben. Dieser Sicherheitsspätverstellzündwinkel sichert so einen größtenteils klopfenfreien Betrieb der Brennkraftmaschine.

5 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Verfahren möglich. Besonders vorteilhaft ist, daß für jeden Motorbetriebspunkt ein Normalbereich festgelegt werden kann und somit sowohl bei niedriger Drehzahl und kleiner Last bzw. bei hoher Drehzahl und hoher Last ein entsprechender Wichtungsfaktor ausgegeben werden kann. Letztendlich besteht ein weiterer Vorteil in der zylinderindividuellen Festlegung des Normalbereichs.

10 Die Festlegung des Normalbereichs NB ist vorteilhaftweise für jeden Motortyp in Abhängigkeit vom Anbauort des Klopfsensors in der Applikation festzulegen. Damit hat jeder Motortyp seine auf ihm individuell zu-  
15 geschnittenen Werte und ermöglicht damit eine optimale Klopfregelung.

## Zeichnung

25 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild für die Klopferkennung,  
Fig. 2 die Begrenzung des Referenzpegels mit einer  
30 Abschaltung der Klopfregelung,  
Fig. 3 ein Blockschaltbild zur Durchführung der Be-  
grenzung der Klopfschwelle und  
Fig. 4 zeigt eine schaltungsgemäße Ausgestaltung zur  
35 Durchführung einer Klopfregelung.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

40 Fig. 1 zeigt schematisch das Blockschaltbild zur Klopfregelung mit einer Wichtung der Klopfschwelle KS, bei dessen Überschreitung Klopfen erkannt wird. Ein nicht dargestellter Klopfsensor erfaßt für jeden Zylinder über einen bestimmten Kurbelwellenwinkel den Geräuschpegel in den Zylindern. Die Klopfschwelle KS, bei dessen Überschreitung Klopfen erkannt wird, ist nicht fest vorgegeben, sondern wird mit jeder Verbrennung zyklisch erneuert. Die Festlegung der Klopfschwelle KS erfolgt, indem die vorherige Klopfschwelle mit dem aktuellen Referenzpegel RP beaufschlagt wird. Der Referenzpegel RP bildet die Eingangsgröße 10 für die Klopferkennung. Aus dem Referenzpegel RP wird in einem Schritt 11 für einen objektiven Vergleich der einzelnen Referenzpegel RP der normierte Referenzpegel RPnorm, indem man den Referenzpegel RP durch den zylinderindividuellen Verstärkungsfaktor dividiert, bestimmt. Dies ist notwendig, da um alle Klopfsensorsignale in einer Auswerteschaltung richtig verarbeiten zu können, die vom Klopfsensor gelieferten Signale in der Art verstärkt werden, daß bei großen Signalen die Verstärkung klein und bei kleinen Signalen die Verstärkung groß ist. Damit wird erreicht, daß das Ausgangssignal des dem Klopfsensor nachgeordneten und ebenfalls nicht dargestellten Verstärkers über den gesamten Drehzahlbereich annähernd konstant ist. In einer anschließenden Abfrage 12 wird untersucht, ob der normierte Referenzpegel RPnorm, welcher auch zylinderindividuell vorliegen kann, in einem festlegbaren Normalbereich NB liegt. Der Normalbereich NB wird beispielweise in der Applikation für den Motortyp festge-

BEST AVAILABLE COPY

legt. Dabei wird zum einen untersucht, ob der normierte Referenzpegel RPnorm den Normalbereich NB über oder unterschreitet. Ein Nein auf diese Abfrage 12, d. h. der normierte Referenzpegel liegt innerhalb des Normalbereiches NB, führt zu dem Arbeitsschritt 13 und der Ausgabe eines Wichtungsfaktors WF mit dem Wert 1. Ein Ja auf die Abfrage 12, d. h. der normierte Referenzpegel RPnorm liegt nicht in dem vorgebbaren Normalbereich NB, führt zum Arbeitsschritt 14 und der Ausgabe eines Wichtungsfaktors WF kleiner als 1, so sind beim Überschreiten des Normalbereiches NB beispielsweise folgende Werte als Wichtungsfaktoren möglich:  $WF_1 = 0,9$ ,  $WF_2 = 0,8$ ,  $WF_3 = 0,65$ . Diese Wichtungsfaktoren WF können dabei für unterschiedliche Motorbetriebspunkte unterschiedlich festgelegt werden, wobei die Anpassung mit den zugehörigen Schwellen für den Normalbereich des normierten Referenzpegels möglichst an mehreren Motoren, welche ein normales Geräuschverhalten über den ganzen Drehzahlbereich aufweisen, durchgeführt werden. An diesen Motoren sollten für die Bestimmung des Normalbereichs NB Klopfsensoren mit maximaler Empfindlichkeit montiert werden, um an den gewünschten Drehzahlstützstellen der Kennlinie den normierten Referenzpegel von allen Zylindern ermitteln zu können. Im Arbeitsschritt 15 wird die Klopfschwelle KS aus dem Referenzpegel RP und dem Wichtungsfaktor WF bestimmt. Die Klopfschwelle KS stellt dabei die Schwelle dar, bei deren Überschreitung Klopfen erkannt wird. Parallel dazu erfolgt in einem Arbeitsschritt 16 für jeden Zylinder die Bestimmung des Klopfsensorintegrals  $U_{int}$ . In einer Abfrage 17 wird das Klopfsensorintegral  $U_{int}$  mit der Klopfschwelle KS verglichen. Ist der Integralwert  $U_{int}$  größer als die Klopfschwelle KS, wird Klopfen erkannt und der Ja-Ausgang auf diese Abfrage 17 führt zu einem Arbeitsschritt 18, in welchem ein Korrekturzündwinkel  $\alpha_{KZ}$  ausgegeben wird. Dieser Korrekturzündwinkel wird nun beispielweise auf den Kennfeldzündwinkel adaptiv aufgeschlagen. Im anschließenden Arbeitsschritt 19 wird zurückgesprungen und die Auswertung für die nächste Verbrennung vorgenommen.

Fig. 2 zeigt eine alternative Lösung desselben Problems, wobei hier eine Begrenzung der nachgeführten Klopfschwelle vorgenommen wird, wie nachfolgend erläutert werden soll. In Fig. 2 wird hierzu anhand eines Diagrammes aufgeführt, wie sich die Klopfschwelle KS bei zunehmendem Motorgeräusch, also bei steigendem Referenzpegel RP verändert. Die Klopfschwelle KS steigt demzufolge an bis der normierte RP den ersten Grenzwert G1 erreicht, ab welchem die Klopfschwelle begrenzt wird.

Somit ist eine Klopferkennung auch bei stark ansteigendem Motorgeräusch möglich, da gewährleistet ist, daß die Klopfschwelle begrenzt wird und so zumindest starke Klopfer erkannt werden. In dem Diagramm ist eine zweite Grenzwertgröße G2 definiert, ab welcher die Klopfregelung ganz abgeschaltet werden kann und vom Steuergerät ein Sicherheitsspätverstellzündwinkel ausgeben wird. Durch dieses Verfahren ist ein abgestuftes Vorgehen zum Schutz des Motors möglich.

Fig. 3 zeigt einen Ablaufplan zur Durchführung des alternativ vorgeschlagenen Verfahrens, wie es bereits zu Fig. 2 erläutert wurde. Ein nicht dargestellter Klopfsensor erfäßt die Motorgeräusche und in einem ersten Arbeitsschritt 30 wird der Referenzpegel RP gebildet. Dieser Referenzpegel RP wird wie bereits erläutert nach jeder Verbrennung zyklisch erneuert. In einem Arbeitsschritt 31 wird nun wiederum für jeden Zylinder

der normierte Referenzpegel bestimmt. Dieser normierte Referenzpegel RPnorm und der Referenzpegel RP bilden die Werte auf der Absisse bzw. Ordinate des Diagramms gemäß Fig. 2. Im Arbeitsschritt 32 werden diese Werte ausgewertet und der Referenzwert bei Erreichen eines ersten Grenzwertes G1 auf diesen begrenzt. In der anschließenden Abfrage 33 wird geprüft, ob der normierte Referenzpegel, welcher nicht begrenzt wird, einen zweiten Grenzwert G2 erreicht hat. Ist dies der Fall, so führt der Ja-Ausgang an einen Arbeitsschritt 34, die Klopfregelung wird ausgeschaltet und gleichzeitig ein Sicherheitsspätverstellzündwinkel  $\alpha_{SZ}$  ausgegeben.

Wurde die Abfrage 33 mit Nein beantwortet, so wird in einem Arbeitsschritt 35 der Referenzwert für die Klopferkennung bestimmt. Parallel dazu wird in einem Arbeitsschritt 36 das Klopfsensorintegral  $U_{int}$  gebildet. In der Abfrage 37 wird nun untersucht, ob das Meßintegral  $U_{int}$  die Klopfschwelle KS erreicht bzw. überschreitet. Ist dies der Fall, so wird ein Klopfen erkannt und in einem Arbeitsschritt ein Korrekturzündwinkel  $\alpha_{KZ}$  ausgegeben. Anschließend wird in einem Arbeitsschritt 39 zurückgesprungen an den Anfang des Ablaufplans und der nächste erfaßte Referenzpegel verarbeitet.

Die Begrenzung der Klopfschwelle kann hierbei auch zylinderindividuell erfolgen.

Fig. 4 zeigt ein Schaltungsbeispiel zur Klopfregelung wobei ein Klopfsensor 41 die Motorgeräusche einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine erfäßt. Die erfaßten Motorgeräusche werden über einen regelbaren Verstärker 42 und einen Bandpaß 43 an eine als Gleichrichter 44 ausgebildete Demodulatorschaltung geführt. Der Gleichrichter 44 ist einerseits über einen Regler 45 mit dem regelbaren Verstärker 42 und andererseits mit einem Integrator 46 verbunden. Durch die Regelung der Verstärkung wird erreicht, daß der Referenzpegel des Ausgangssignals des Regelverstärkers weitgehend konstant und unabhängig von der Motordrehzahl ist, während die Singalamplitude des Klopfsensors 41 mit der Motordrehzahl zunimmt. Der Integrator 46 bildet während eines kurbelwellensynchronen Meßfensters, welches von einem Steuergerät 47 in Abhängigkeit eines Drehzahlgebers 48 gebildet wird, das Meßintegral  $U_{int}$ . Dieses Meßintegral  $U_{int}$  wird in einem Komparator 49 mit der vom Steuergerät 47 vorgegebenen Klopfschwelle KS verglichen und ein Ausgangssignal des Komparators 49 wiederum zur Klopfregelung an das Steuergerät 47 geführt. Vom Steuergerät 47 wird nun ein Ausgangssignal an eine Endstufe 50 zur Auslösung der Zündung in dem betreffenden Zylinder gegeben.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Klopferkennung für Brennkraftmaschinen wobei Klopfen erkannt wird, wenn das erfaßte Klopfsignal eine Klopfschwelle, welche sich in Abhängigkeit vom Motorgeräusch verändert, überschreitet, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Motorbetriebspunkt ein Normalbereich (NB) des Motorgeräusches festgelegt wird und bei Abweichungen des Motorgeräusches vom Normalbereich (NB) die Klopfschwelle (KS) mit einem Wichtungsfaktor (WF) verschieden von 1 multipliziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Klopfschwelle nach jeder Verbrennung zyklisch erneuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-